Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 3, Fall 2024, p. 479-492

Effect of Plant Density and Planting Pattern on Growth and Physiological Characteristics of Tulip cv. ′Spryng′

D. Hashemabadi[1*], B. Kaviani[2], K. Shakeri Kiasaraei[3], R. Onsinejad[4], M.R. Safari Motlagh[5]

1, 2, 3 and 4- Associate Professor, Professor, M.Sc. and Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: davoodhashemabadi@yahoo.com)
5- Professor, Department of Plant Protection, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

Received: 02-10-2021 Revised: 28-10-2021 Accepted: 31-10-2021 Available Online: 02-11-2021	**How to cite this article:** Hashemabadi, D., Kaviani, B., Shakeri Kiasaraei, K., Onsinejad, R., & Safari Motlagh, M.R. (2024). Effect of plant density and planting pattern on growth and physiological characteristics of Tulip cv. ′Spryng′. *Journal of Horticultural Science*, *38*(3), 479-492. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2021.72661.1092

Introduction

Tulip flower (*Tulipa* L.) from the family Liliaceae is a bulbous and monocotyledon plant that has the highest level under cultivation among this family group. Tulips can be propagated by seeds and bulbs. Its seeds produce bulbs up to two years after planting and it takes six years for the bulbs to reach the flowering stage. In fields, the quality characteristics of flowers can be changed to some extent by changing some planting characteristics such as planting pattern and plant density. Some researchers have reported changes in the quantitative and qualitative characteristics of various crops and orchards, including ornamental plants, with changes in planting pattern and plant density. One effect of changes in planting patterns and plant density is alterations in photosynthesis and plant growth regulators. The purpose of this study was to identify the best planting pattern and determine the optimal planting density, as well as to examine the impact of these factors on the quantitative and qualitative characteristics of tulip (*Tulipa* L.) cv. 'Spryng'.

Materials and Methods

To evaluate the effect of planting pattern and density on growth and flower characteristics of tulip cv. ′Sprying′, present study study was conducted as a factorial experiment based on completely randomized block design (RCBD) with 3 replications in 27 plots. The first factor was three planting patterns (square, triangle and rectangle) and three planting densities (25, 45 and 65 plant/m^2) as the second factor. Morphological and physiological traits such as height, length and diameter of stem, leaf and flower, flowering time, cut flower number, flower longevity, number, diameter and weight of bulb and bulblet, and the content of chlorophyll and carotenoid were measured. Statistical analysis of data was performed with SAS 9 software and mean comparison of the data with LSD test at 5% probability level. Graphs were drawn in Excel.

Results and Discussion

Results showed that the maximum number of cut flowers (59.90) was counted in plants cultivated in triangle cultivation design with planting density of 65 plants/m^2. The lowest time to start of flowering (69.30 days) and the highest content of leaf chlorophyll (13.57 µg/ml) was obtained in plants cultivated in trianle cultivation design with planting density of 45 plants/m^2. The most flower longevity (12.73 day) and the highest content of carotenoid (1.68 µg/ml) was obtained in plants cultivated in square cultivation design with planting density of 45 plants/m^2. The height of the flowering stem is one of the important traits for the marketing of cut flowers. The results of the present study showed that the height of the tulip plant was affected by plant density and planting pattern. This result was consistent with the results reported by some researchers. At low plant densities, long plant spacing reduces plant

https://doi.org/10.22067/jhs.2021.72661.1092

competition for water and nutrient uptake, resulting in larger plant growth and leaf size. Also, long plant distances cause the roots to develop and grow, and the leaves to grow and thicken. Increasing the vegetative competition of adjacent plants at high densities causes photosynthetic organs to be placed in the shade (change in the quantity and composition of the received radiation spectrum in the shade leaves), which has a great effect on the balance of plant growth regulators, resulted in longitudinal and superficial growth of plant organs. It intensifies the longitudinal growth of the petiole and accelerates all the developmental processes of the plant. Plant morphology and angle of leaf deviation can also be effective in increasing leaf size. Uniform distribution of plants and greater absorption of light and nutrients increased leaf length and width. The results revealed that plants compete for light and nutrients, and in these competitive conditions, roots and stems are taller than optimal, and the distance between nodes increases. The effect of planting pattern on flowering process can be related to changes in plant photosynthesis and the availability of photosynthetic materials for the developing reproductive parts. Changes in planting distance or pattern can alter inflorescence characteristics by affecting root growth and modifying the production of plant growth regulators in the roots. These regulators are then transferred to the aerial parts, influencing inflorescence characteristics. Adjusting the planting distance or pattern can also impact various traits of bulbs and bulblets in bulbous plants. Competition for receiving maximum light and photosynthesis is a key factor in changing bulb and bulblet traits. This competition is influenced by planting arrangement and plant density. Some studies have shown that planting pattern and plant density affect the amount of plant pigments such as chlorophyll and carotenoids, the main reason being the difference in light intake.

Keywords: Family Liliaceae, Flower quality, Planting pattern and density, Tulip flower

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۳۸، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۳، ص. ٤٧٩-٤٩٢

اثر تراکم گیاه و الگوی کاشت بر رشد و خصوصیات فیزیولوژیک گل لاله رقم 'Spryng'

داوود هاشم‌آبادی[1*]– بهزاد کاویانی[2]– کبری شاکری کیاسرائی[3]– رسول انسی‌نژاد[4]– محمد رضا صفری مطلق[5]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۹

چکیده

گل لاله (*Tulipa* L.) از خانواده سوسن، از گل‌های پیازی و تک‌لپه می‌باشد که با بذر و سوخ قابل تکثیر است. مدت زمان از کاشت بذر تا تولید گل در این گیاه طولانی است. هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی اثر تراکم و الگوی کاشت بر ویژگی‌های رشد رویشی و گلدهی در گل لاله رقم 'Spryng' بود. این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در ۲۷ پلات انجام گردید. سه الگوی کاشت (مربع، مثلث و مستطیل) به‌عنوان فاکتور اول و سه تراکم کاشت (۲۵، ۴۵ و ۶۵ پیاز در هر متر مربع) به‌عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شد. صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در مرحله رشد رویشی و زایشی اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد شاخه گل بریده (۵۹/۹۰) در گیاهان کاشته‌شده در الگوی کاشت مثلثی با تراکم کاشت ۶۵ گیاه در هر متر مربع شمارش شد. کمترین زمان تا آغاز گلدهی (۶۹/۳۰ روز) و بالاترین میزان کلروفیل برگ (۱۳/۵۷ میکروگرم در میلی‌لیتر) در گیاهان کاشته‌شده در الگوی کاشت مثلثی با تراکم کاشت ۴۵ بوته در هر متر مربع به‌دست آمد. بیشترین ماندگاری گل (۱۲/۷۳ روز) و بالاترین میزان کاروتنوئید (۱/۶۸ میکروگرم در میلی‌لیتر) در گیاهان کاشته‌شده در الگوی کاشت مربعی با تراکم کاشت ۴۵ بوته در هر متر مربع حاصل شد. در مجموع، نتایج کلی این پژوهش نشان داد که تراکم ۴۵ بوته در متر مربع و الگوی کاشت مثلث یا مربع، برای بهبود خصوصیات کمی و کیفی گل لاله در شرایط آب و هوایی گیلان مناسب است.

واژه‌های کلیدی: الگو و تراکم کاشت، کیفیت گل، گل لاله، گیاهان پیازی

مقدمه

جنس لاله (*Tulipa* spp.) متعلق به خانواده سوسنیان (Liliaceae) است که گونه‌های آن بیشتر در مناطق معتدله و نیمه‌گرمسیری نیمکره شمالی پراکنش دارند. این جنس حدود ۱۰۰-۸۰ گونه دارد. لاله دارای سوخ (پداژه) پوشش‌دار است. سوخ بالغ لاله دارای ۶ برگ فلسی اندوخته‌ای است که به صفحه پایگاهی چسبیده اند. در محور هر فلس یک جوانه روی صفحه پایگاهی قرار دارد که این جوانه‌ها می‌توانند به سوخ گل‌دهنده تبدیل شوند. بالاترین جوانه محوری، چهار برگ و یک گل انتهایی تولید می‌کند. از هر سوخ لاله، به‌مدت سه سال می‌توان گل مرغوب به دست آورد (Ghasemi Ghehsareh & Kafi, 2009). لاله از جمله گیاهان پیازی است که بالاترین سطح زیرکشت را در میان این گروه از گیاهان به خود اختصاص داده است. لاله با بذر و سوخ قابل تکثیر است. بذر آن تا دو سال پس از کاشت تولید سوخ می‌کند و شش سال طول می‌کشد تا سوخ به مرحله گلدهی برسد. در لاله از رشد رویشی جوانه‌های محوری، سوخک‌هایی در اطراف سوخ اصلی تشکیل می‌شوند که می‌توان از آنها در تکثیر تجاری لاله استفاده کرد (Ghannadi, 1992). گیاه لاله با توجه به ارزش اقتصادی بالا، تنوع بی‌نظیر در ارقام مختلف و رنگ گلبرگ، از بازارپسندی بالایی برخوردار می‌باشد. با توجه به اینکه یکی از معیارهایی که به گل ارزش می‌دهد، خصوصیات کمی و کیفی عالی گل در زمان باز شدن می‌باشد؛ این موضوع مورد توجه اکثر شرکت‌های خصوصی است. این شرکت‌ها برای افزایش کیفیت معمولاً از هورمون‌های گیاهی یا مواد شیمیایی که هزینه زیادی دارند بهره می‌برند. در مزارع می‌توان با تغییر برخی از خصوصیات کاشت مانند الگو و تراکم کاشت تا حدودی به این صفات دست یافت که موجب کاهش هزینه‌های ناشی از استفاده از مواد شیمیایی می‌شود (Singh, 2006).

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشیار، استاد، کارشناسی ارشد و استادیار، گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
(*- نویسندهٔ مسئول: Email: davoodhashemabadi@yahoo.com)
۵- استاد، گروه گیاه‌پزشکی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
https://doi.org/10.22067/jhs.2021.72661.1092

تراکم کاشت گیاه در مزرعه یکی از عوامل مهم در تعیین عملکرد و کیفیت محصولات زراعی-باغی محسوب می‌شود که روی خصوصیات مورفولوژیکی برخی گیاهان اثرگذار است (Ibrahim, 2012; Baghdadi et al., 2014; Mladenović et al., 2020). تراکم کاشت بیشتر از نظر هزینه کار و زمین مورد توجه می‌باشد و مناسب‌ترین تراکم کاشت بایستی بیشترین سود اقتصادی را داشته باشد تا عملکرد بیشتر در واحد سطح را توجیه نماید. در تراکم کمتر از حد بهینه، استفاده از عوامل محیطی مانند نور، رطوبت و مواد غذایی حداکثر نیست و در تراکم بیشتر از حد بهینه نیز وجود رقابت شدید از عملکرد نهایی محصول می‌کاهد (Sher et al., 2018; Mladenović et al., 2020). مطالعه روی ژنوتیپ‌های مختلف آفتاب‌گردان زینتی نشان داد که اگرچه تراکم کاشت اثر معنی‌داری روی محیط ساقه، قطر گل و طول ساقه داشت، اما اثر آن روی زمان گلدهی کم بود (Mladenović et al., 2020). این محققان بیان کردند که کیفیت گل و بازدهی مطلوب می‌تواند با مدیریت صحیح تراکم کاشت به‌دست آید.

در ارتباط با سوخ‌ها، تراکم کاشت می‌تواند از نظر مدیریت مبارزه با آفات و بیماری‌ها، بیرون آوردن سوخ‌ها از خاک و تعیین بهترین روش آبیاری و کوددهی نیز مهم باشد. اولین تأثیر افزایش تراکم جمعیت گیاهی، افزایش رقابت بین بوته‌های مجاور و قرار گرفتن اندام‌های فتوسنتز کننده در سایه (تغییر در کمیت و ترکیب طیف تابشی دریافتی در برگ‌های تحت سایه) است که تأثیر زیادی بر تعادل تنظیم‌کننده‌های رشد دارد و در بررسی‌های متعددی به‌صورت افزایش سطح جیبرلین‌ها مشخص شده است و اثرات کلی آن تشدید رشد طولی پهنک و تسریع تمام فرآیندهای نموی گیاه است (Niknejad & Yahya, 1994). مطالعات زیادی اثر تراکم کاشت روی تغییر کمیت و کیفیت گیاهان زینتی سوخدار از جمله نرگس (Daneshvar & Heidari, 2007; Moraes-Cerdeira et al., 1995)، لاله (Jhon et al., 2008) و گلایول (Klasmand et al., 2011; Bahar & Korkut, 1998; Bijimol & Singh, 2001; Singh et al., 2001) را نشان داده‌اند. جان و همکاران (Jhon et al., 2008) گزارش کردند که تعداد و وزن پیاز و پیازچه‌های لاله در تراکم کاشت ۶۰ پیاز در هر متر مربع به‌طور قابل توجهی بیشتر از تراکم‌های پایین‌تر (۳۰، ۴۰ و ۵۰ پیاز در هر متر مربع) بوده است. ساین (Singh, 2006) نشان داد که فاصله کاشت کمتر (۱۰ × ۲۰ سانتی‌متر) موجب تأخیر در گلدهی نسبت به فاصله کاشت بیشتر (۲۵ × ۲۵ سانتی‌متر) در گل مریم شد. پرکاش و همکاران (Parkash et al., 2006) طی آزمایشی، بهترین عملکرد گل و تعداد پیاز را در فاصله کاشت ۱۵ × ۲۰ سانتی‌متر در گل مریم به دست آوردند. و همکاران (Mane et al., 2007) مشاهده کردند که فاصله کاشت بیشتر (۲۵ × ۲۵ سانتی‌متر) موجب افزایش تعداد روزهای لازم برای جوانه‌زدن (۱۱/۳۹ روز) در مقایسه با فاصله کاشت کمتر (۲۰ × ۱۵ سانتی‌متر) (۹/۵ روز) در گل مریم شد. در آفتاب‌گردان، فاصله ۷۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و ۳۰-۲۰ سانتی‌متر درون ردیف‌ها، در آفتاب‌گردان زینتی، ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و ۱۵ سانتی‌متر درون ردیف‌ها و برای ژربرا، ۳۰ × ۳۰ سانتی‌متر فضای بهینه کشت بود (Kaya et al., 2012; Bhosale et al., 2012; Balalić et al., 2012).

تغییر الگوی کاشت نیز یکی از رویکردهایی است که می‌تواند تراکم، مدیریت زراعی و فعالیت‌های فیزیولوژیک گیاهان مانند فتوسنتز را تحت تأثیر قرار دهد (San-oh et al., 2006). رعایت الگوی کاشت مناسب باعث افزایش جذب نور به‌وسیله برگ‌ها، افزایش رشد و افزایش عملکرد می‌شود (Ehsanzadeh & Zarean Baghdadabadi, 2003). تراکم کشت بالا باعث طویل و نازک شدن ساقه می‌شود که خود نوعی سازگاری برای دریافت نور بیشتر است (Rajcan & Swanton, 2001; Süzer, 2011). مراحل نموی و تمایزی گیاهان در مواجهه با تغییرات محیطی، تغییر می‌یابد که اغلب این تغییرات برای سازگاری بهتر است (Sher et al., 2018).

تعیین تراکم بهینه و الگوی کاشت مناسب برای استفاده مطلوب از نهاده‌ها (زمین، آب، نور و مواد غذایی) نقش مفید و مؤثری دارد و موجب افزایش کمی و کیفی محصول می‌شود. دانشور و حیدری (Daneshvar & Heidari, 2009) نشان دادند که با کاشت پداژه گلایول در طرح مربع و فاصله ۲۰ سانتی‌متر، ارتفاع ساقه گل‌دهنده به طور معنی‌داری بیشتر از کاشت پداژه در فاصله ۱۵ و ۲۵ سانتی‌متر در هر دو طرح مثلث و مربع بود. در هر دوی این طرح‌ها، افزایش فاصله کاشت موجب کاهش تعداد پداژه‌های جدید گردید. و همکاران (Gomes et al., 2007) با بررسی اثر تراکم و الگوی کاشت روی گیاه همیشه‌بهار اعلام کردند، حداکثر بیوماس در تراکم ۹۱۰۳۷ بوته در هکتار به‌دست آمد و نتیجه گرفتند هر قدر فاصله ردیف‌ها کاهش و تراکم بوته‌ها افزایش یابد تعداد گلبرگ و قطر آن کاهش می‌یابد.

در ایران و جهان در ارتباط با تأثیر متقابل تراکم و الگوی کاشت پیاز بر کیفیت گل لاله مطالعه زیادی انجام نشده است. این مطالعه به منظور تعیین بهترین تراکم و الگوی کاشت پیاز بر کیفیت گل لاله انجام شد. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر، معرفی بهترین الگوی کاشت، تعیین بهترین تراکم کاشت و بررسی دقیق اثر الگو و تراکم کاشت بر خصوصیات کمی و کیفی گل لاله (*Tulipa* L.) رقم 'Spryng' بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

پیازهای گل لاله (*Tulipa* L.) رقم 'Spryng' با میانگین قطر ۵/۴۸ سانتی‌متر که قبلاً در معرض پیش‌تیمار سرمادهی قرار گرفته بودند در اواخر دی ماه از یک مؤسسه خصوصی در شهرستان محلات تهیه شدند.

آماده‌سازی بسترهای کاشت

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در کرت‌هایی به مساحت ۰/۶ متر مربع (ابعاد ۱۲۰ × ۵۰ سانتی‌متر) در ۳ تکرار و ۹ تیمار و مجموعاً ۲۷ پلات (کرت) در روستای میرمحله از توابع ماسال و شاندرمن در شمال ایران اجرا شد. محل آزمایش در فاصله ۶۵ کیلومتری شهرستان رشت و بین عرض های جغرافیایی ´۱۸ و °۳۷ تا ´۲۹ و °۳۷ شمالی و طول‌های جغرافیایی´۴۳ و °۴۸ تا ´۱۱ و °۴۹ شرقی قرار گرفته است. محل کشت پیازها دارای متوسط سالانه درجه حرارت ۱۵/۱ درجه سانتی گراد است که این میزان بین ۶ درجه در ماه اسفند تا ۲۴/۷ درجه در ماه مرداد تغییر می‌یابد. میزان رطوبت نسبی نیز ۸۳ درصد می‌باشد. سه الگوی کاشت (مربع: P_1؛ مثلث: P_2؛ مستطیل: P_3) به‌عنوان فاکتور اول و سه تراکم کاشت (D_1: ۶۵؛ D_2: ۴۵؛ D_3: ۲۵ بوته در متر مربع) به‌عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند. برای آماده‌کردن زمین و تهیه کرت‌ها، قطعه زمین مورد نظر تا عمق ۲۰ سانتی‌متر در دی ماه شخـم زده شد. سپس زمین محل آزمایش کرت‌بندی شد و ارتفاع کرت‌ها توسط مخلوط ماسه و خاک‌برگ ۲۰ سانتی‌متر از سطح زمین بالا آورده شد (شکل 1A). پیازهای گل لاله رقم 'Spryng' با اندازه های یکسان (میانگین قطر پیاز ۵/۴۸ سانتی‌متر) انتخاب شدند و قبل از کاشت با قارچ‌کش بنومیل (غلظت ۵ در هزار) ضدعفونی سطحی گردیدند و کشت شدند. کلیه عملیات داشت مانند آبیاری، وجین علف هرز و مبارزه با آفات و بیماری‌ها در تمام کرت‌ها بطور یکنواخت انجام گردید. با توجه به بارندگی و رطوبت بالای هوا در استان گیلان به ویژه در بهار و زمستان، آبیاری در صورت نیاز انجام شد. کوددهی سه ماه پس از کشت پیازها به‌صورت؛ ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار کود ازت، ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم و ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار کود کلسیم انجام شد. البته، در پاییز و قبل از کاشت نیز مقادیر مشابه از فسفر و پتاسیم به بستر افزوده شد. گلدهی بوته‌ها (شکل ۱- B, C) از هفته آخر اسفند ماه آغاز گردید و برداشت پیازها نیز در آخر خرداد بعد از خشک‌شدن برگ‌ها انجام گرفت.



شکل ۱- زمین کرت‌بندی‌شده محل آزمایش (A)، گل لاله (*Tulipa* L.) رقم 'Spryng' مورد استفاده در آزمایش حاضر (B)، ظاهرشدن گلبرگ‌ها به عنوان آغاز زمان گلدهی (C) و آغاز پژمرده‌شدن گل‌ها با مشاهده پلاسیدگی روی لبه‌های گلبرگ (D)

Figure 1- Plotted land of the experimental site (A), tulip flower (*Tulipa* L.) variety 'Spryng' used in the present experiment (B), the appearance of the petals as the beginning of the flowering time (C) and the beginning of the withering of the flowers by observing the fading on the edge of petals (D)

اندازه‌گیری صفات

رشد و نمو بخش رویشی و زایشی در لاله همزمان صورت می گیرد، بنابراین صفاتی همچون ارتفاع و قطر ساقه، طول و عرض برگ در مرحله باز شدن گل (۷۰ روز پس از کاشت پیاز) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری صفات رویشی و زایشی و صفات مربوط به پیاز، از هر کرت (پلات) ۵ بوته به‌صورت تصادفی گزینش شد و صفات مورد نظر اندازه‌گیری و سپس میانگین آنها ثبت گردید. ارتفاع از سطح خاک تا بالاترین نقطه گل با خط‌کش و با مقیاس سانتی‌متر اندازه گیری شد. قطر ساقه در محل ۲۰ سانتی‌متر بالاتر از سطح خاک با کولیس و با مقیاس میلی‌متر اندازه‌گیری شد. دومین برگ گیاه از انتهای ساقه با خط‌کش و با مقیاس سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. قطر گل در مرحله باز شدن کامل گل با کولیس و با مقیاس میلی‌متر اندازه‌گیری شد. تعداد روزهای طی‌شده پس از کاشت پیاز تا ظاهر شدن گلبرگ‌ها به‌عنوان مدت زمان گلدهی تعیین گردید. تفاضل بین گلدهی و زمان آغاز پژمرده‌شدن گل (شکل ۱ –D) در هر تیمار به عنوان مدت زمان ماندگاری گل اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری میزان کاروتنوئید گلبرگ و کلروفیل برگ، از تیمارهای مختلف (در مرحله باز شدن کامل گل) به‌صورت تصادفی نمونه‌برداری شد. مقدار ۰/۵ گرم از گلبرگ و برگ هر بوته وزن شد و در هاون چینی با محلول ۸۰ سی‌سی استون همراه با ۲۰ سی‌سی آب مقطر کاملاً له گردید. سپس عصاره حاصل از صافی رد شد و در ظروف کوچک (کوت) ریخته شد و به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در سه طول موج ($A_{(۴۴۰)}$، $A_{(۶۴۵)}$، $A_{(۶۶۳)}$) برای کاروتنوئید و دو طول موج ($A_{(۶۴۳)}$، $A_{(۶۶۰)}$) برای کلروفیل قرائت گردید.

کاروتنوئید (μg.ml⁻¹) $= ۴/۶۹ \times A_{(۴۴۰)} - ۰/۲۶۸ \times ۲۰/۲ \times A_{(۶۴۵)} + ۸/۰۲ \times A_{(۶۶۳)}$

کلروفیل a (μg/ml) $= ۹/۹۳ \times A_{(۶۶۰)} - ۰/۷۷۷ \times A_{(۶۴۳)}$

کلروفیل b (μg/ml) $= ۱۷/۶ \times A_{(۶۴۳)} - ۲/۸۱ \times A_{(۶۶۰)}$

کلروفیل کل (μg/ml) $= ۷/۱۲ \times A_{(۶۶۰)} + ۱۶/۸ \times A_{(۶۴۳)}$

در خرداد ماه، قطر پیاز (پیازچه) به‌وسیله کولیس و با مقیاس میلی‌متر و تعداد پیاز (پیازچه) حاصل با شمارش مشخص گردید. وزن تر پیازها، پیازچه‌ها و اندام هوایی پس از پایان دوره گلدهی و برداشت، با ترازوی دیجیتالی حساس توزین گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک، پیازها، پیازچه‌ها و اندام هوایی به‌صورت جداگانه به‌مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و مجدداً توزین گردیدند. وزن تر و خشک با مقیاس گرم توزین و بیان گردیدند. سپس از تقسیم وزن خشک به وزن تر ضربدر صد، درصد ماده خشک پیاز، پیازچه و اندام هوایی به‌دست آمد. در مرحله باز شدن کامل گل، گلبرگ‌ها برداشت شدند و وزن تر، وزن خشک و درصد ماده خشک گلبرگ‌ها به‌روش فوق اندازه‌گیری شدند.

تجزیه آماری

تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS 9 و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودار با کمک نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

اثر تراکم گیاه و الگوی کاشت بر صفات رویشی و زایشی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که اثر متقابل تراکم گیاه و الگوی کاشت روی صفات ارتفاع ساقه، قطر ساقه، طول برگ، زمان گلدهی و ماندگاری گل در سطح احتمال ۵ درصد و روی تعداد شاخه گل بریده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بررسی برهم‌کنش تیمارهای تراکم گیاه و الگوی کاشت نشان داد که بیشترین ارتفاع ساقه (۴۱/۰۸ سانتی‌متر) و تعداد گل شاخه‌بریده (۵۹/۹۰) در تیمار الگوی مثلث و ۶۵ بوته در هر متر مربع به‌دست آمد. کمترین ارتفاع ساقه (۳۵/۲۸ سانتی‌متر) و تعداد گل شاخه‌بریده (۱۷/۲۸) در تیمار مستطیل و ۲۵ بوته در هر متر مربع به‌دست آمد (جدول ۴). این جدول نشان می‌دهد که الگوهای کاشت مربع و مثلث در تراکم ۲۵ بوته در هر متر مربع، به‌ترتیب با تولید ۱۸/۸۸ و ۱۹/۴۴ گل شاخه‌بریده، الگوها و تراکم مناسبی برای تولید گل با تعداد بالا نبودند. مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴) نشان داد که بالاترین قطر ساقه گل‌دهنده (۴/۵۸ میلی‌متر) و بیشترین ماندگاری گل (۱۲/۷۳) در الگوی مربع و تراکم ۴۵ بوته در هر متر مربع به‌دست آمد. در هر دوی این صفات، کمترین ارزش در الگوی کاشت مستطیلی و تراکم ۶۵ بوته در هر متر مربع محاسبه شد. بالاترین طول برگ (۱۴/۴۶ سانتی‌متر) در الگوی کاشت مربع و تراکم ۶۵ بوته در هر متر مربع و سریع‌ترین زمان گلدهی (۶۹/۳۰ روز) در الگوی مثلث و تراکم ۴۵ بوته در هر متر مربع به‌دست آمد. الگوی مثلثی و تراکم ۲۵ و ۴۵ بوته در هر متر مربع، به‌ترتیب کمترین ارزش طول برگ و کندترین زمان تا گلدهی را تحریک کردند (جدول ۴).

ارتفاع ساقه گل‌دهنده یکی از صفات مهم برای بازارپسندی گل های شاخه بریده می‌باشد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ارتفاع گیاه لاله تحت تأثیر تراکم گیاه و الگوی کاشت قرار گرفته است. این نتیجه با یافته‌های دانشور و حیدری (Daneshvar & Heidari, 2011) روی گل سوسن منطبق است. شارما و گوپتا (Sharma & Gupta, 2003) نشان دادند که افزایش فاصله کاشت منجر به افزایش ارتفاع در گلایول گردید. در تراکم‌های پائین گیاه، فواصل زیاد بوته‌ها از یکدیگر باعث کاهش رقابت ریشه‌های گیاهان در جذب آب

و مواد غذایی می‌شود در نتیجه رشد بوته‌ها افزایش می‌یابد و ابعاد برگ بزرگ‌تر خواهد شد. همچنین فواصل زیاد بوته باعث توسعه و رشد ریشه‌ها، افزایش فعالیت فیزیولوژیک ریشه‌ها مانند تولید تنظیم‌کننده‌های رشد و بزرگ‌شدن و ضخیم‌شدن برگ‌ها می‌گردد (Vaziri *et al*., 2010). افزایش رقابت رویشی بوته‌های مجاور در تراکم‌های بالا، موجب قرار گرفتن اندام‌های فتوسنتزکننده در سایه (تغییر در کمیت و ترکیب طیف تابشی دریافتی در برگ‌های تحت سایه) می‌شود که این امر تأثیر زیادی بر تعادل تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی از جمله سطح جیبرلین دارد و اثرات کلی آن تشدید رشد طولی پهنک و تسریع تمام فرآیندهای نموی گیاه است (Niknejad & Yahya, 1994). مورفولوژی گیاه و زاویه انحراف برگ نیز می‌تواند در افزایش ابعاد برگ مؤثر باشد. پراکنش یکنواخت بوته‌ها و جذب بیشتر نور و مواد غذایی باعث افزایش طول و عرض برگ می‌شود (Mladenović *et al*., 2020Niknejad & Yahya, 1994;).

ارتفاع گیاه خرزهره در تراکم ۲۵ گیاه در هر متر مربع زیاد بود در حالی‌که بالاترین تعداد شاخه در تراکم ۱۰ گیاه در هر متر مربع به دست آمد (Kumar *et al*., 2007). نتایج مشابه در ارتباط با بازدهی گل، بازدهی روغن و بازدهی کل گیاه در خرزهره (Ghobadi & Ghobadi, 2010؛ Moosavi *et al*., 2012;)، سوسن (Amjad & Ahmad, 2012) و گلرنگ (Roghayeh *et al*., 2012) گزارش شد. در آفتاب‌گردان زینتی تراکم‌های مختلف کاشت روی قطر گل، محیط ساقه و طول ساقه اثر داشت. کمترین قطر گل، نازک‌ترین محیط ساقه و طویل‌ترین ارتفاع ساقه در متراکم‌ترین فضای کاشت (۲۵ × ۲۵ سانتی‌متر) حاصل شد، اگرچه تراکم کاشت اثری روی زمان گلدهی نداشت (Mladenović *et al*., 2020). این نتایج نشان داد که گلدهی یک صفت نسبتاً پایدار است و کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار دارد. در حالی‌که قطر ساقه تحت تأثیر تراکم کاشت قرار داشت. پژوهش حاضر این نتیجه را تأیید کرد زیرا تراکم کاشت اثر معنی‌داری روی زمان گلدهی نداشت. قطر گل باید جذابیت، ثبات و حمل و نقل آنرا توجیه کند. مجیری و ارزانی و (Mojiri & Arzani, 2003) نشان دادند که در آفتاب‌گردان، تراکم کاشت بیشتر باعث تولید گل‌هایی با قطر کمتر و طول ساقه و طول گیاه بیشتر شد. و همکاران (Beg *et al*., 2001) نشان دادند که در شرایط تراکم کاشت بالا، ساقه‌های نازک‌تری تولید می‌شود. این نتایج آشکار کرد که گیاهان برای نور و مواد مغذی با یکدیگر رقابت می‌کنند و در این شرایط رقابتی، ریشه و ساقه بلندتری نسبت به حد بهینه دارند و فواصل بین میانگره‌ها افزایش می‌یابد (Craine &Ali *et al*., 2011 Dybzinski, 2013; Ford, 2014).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر الگوی کاشت و تراکم گیاه روی صفات رویشی و زایشی گل لاله (*Tulipa* L.) رقم 'Spryng'

Table 1- ANOVA (mean squares) for the effect of planting pattern and plant density on the vegetative and reproductive traits of tulip (*Tulipa* L.) cv. 'Spryng'

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	ماندگاری گل Flower longevity	قطر گل Flower diameter	تعداد شاخه گل بریده Number of cut flower	زمان گلدهی Flowering time	عرض برگ Leaf width	طول برگ Leaf length	قطر ساقه Stem diameter	ارتفاع ساقه Stem height
تکرار Replicate	2	0.0134ns	0.8326ns	3.32ns	0.0047ns	0.0572ns	0.1140ns	0.00173ns	25.57**
الگوی کاشت Planting pattern (A)	2	0.2158**	2.403*	81.48**	1.5788**	0.1584*	0.3422*	0.0716**	5.124*
تراکم گیاه Plant density (B)	2	0.555**	26.12**	74.57**	0.191ns	0.4624**	1.548**	0.0225*	26.31**
الگو × تراکم A × B	4	0.0636*	1.024ns	40.60**	0.323*	0.0505ns	0.3507*	0.0174*	4.63*
خطا Error	16	0.0171	0.494	2.01	0.075	0.038	0.089	0.0062	1.357
کل Total	26	–	–	–	–	–	–	–	–
ضریب تغییرات C.V (%)	–	1.07	1.93	3.38	1.39	1.93	2.2	1.77	3.058

*، **، ns: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم وجود تفاوت معنی‌دار

**, *, ns: significant at the 5 and 1% of probability levels, respectively, and non-significant.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر الگوی کاشت و تراکم گیاه روی صفات پیاز و پیازچه گل لاله (*Tulipa* L.) رقم 'Spryng'

Table 2- ANOVA (mean squares) for the effect of planting pattern and plant density on the bulb and bulblet traits of tulip (*Tulipa* L.) cv. 'Spryng'

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	درصد ماده خشک پیازچه Bulblet dry matter percentage	وزن تر پیازچه Bulblet fresh weight	قطر پیازچه Bulblet diameter	تعداد پیازچه Bulblet number	درصد ماده خشک پیاز Bulb dry matter percentage	وزن تر پیاز Bulb fresh weight	قطر پیاز Bulb diameter	تعداد پیاز Bulb number
تکرار Replicate	2	0.949^{ns}	0.0049^{ns}	0.262^{ns}	0.020^{ns}	4.71^{ns}	0.7543*	0.2584^{ns}	0.0056^{ns}
الگوی کاشت Planting pattern (A)	2	18.69**	0.527**	10.28**	0.377**	19.58*	8.378**	1.518**	0.062**
تراکم گیاه Plant density (B)	2	0.729^{ns}	0.552**	2.918**	0.252**	29.17**	0.128^{ns}	0.284^{ns}	0.094**
الگو × تراکم A × B	4	22.80**	0.666**	2.97**	0.089**	9.34*	1.537**	0.616*	0.0195**
خطا Error	16	1.172	0.042	0.516	0.01	1.99	0.202	0.164	0.025
کل Total	26	–	–	–	–	–	–	–	–
ضریب تغییرات C.V (%)	–	3.36	4.73	3.39	4.67	6.47	1.99	1.1	3.16

*، **، ns: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم وجود تفاوت معنی‌دار

**, *, ns: significant at the 5% and 1% of probability levels, respectively, and non-significant.

نتایج نشان داد که تغییر تراکم و الگوی کاشت می‌تواند روی زمان ظهور گل‌ها تا حدی مؤثر باشد. این نتایج با گزارش دانشور و حیدری (Daneshvar & Heidari, 2009) که عنوان داشتند روند ظهور ساقه‌های گل‌دهنده تحت تأثیر الگو و فاصله کاشت قرار دارد، مطابقت دارد. احتمالاً تأثیر الگوی کاشت بر روند گلدهی می‌تواند مربوط به تغییر در فتوسنتز گیاه و فراهم‌بودن مواد فتوسنتزی برای بخش‌های زایشی در حال نمو باشد. افزایش فاصله کاشت موجب کاهش قطر گل در گل بریده نرگس گردید (Daneshvar & Heidari, 2009). تغییر فاصله و یا الگوی کاشت از طریق تأثیر بر گسترش ریشه موجب تغییر در تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی می‌شود که از ریشه به قسمت هوایی منتقل می‌گردند و خصوصیات گل‌آذین مانند گل‌انگیزی و رشد اندام‌های زایشی را تغییر می‌دهند (Corbesier *et al.*, 2003). بر خلاف یافته‌های پژوهش حاضر، گومز و همکاران (Gomes *et al.*, 2007) گزارش دادند که هر قدر فاصله ردیف‌ها کاهش و تراکم بوته‌ها افزایش یابد، تعداد گلبرگ و قطر آن کاهش می‌یابد. افزایش میزان ماندگاری گل یکی از موارد مهم برای تولیدکنندگان گیاهان زینتی می‌باشد.

اثر تراکم گیاه و الگوی کاشت بر صفات مربوط به پیاز و پیازچه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل تراکم گیاه و الگوی کاشت روی همه صفات مربوط به پیاز و پیازچه معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر تیمارهای تراکم گیاه و الگوی کاشت (جدول ۵) نشان داد که بیشترین تعداد پیاز (۱/۷۶) و بالاترین درصد ماده خشک پیازچه (۳۵/۲۶) در تیمار الگوی مثلث و تراکم ۶۵ بوته در هر متر مربع به‌دست آمد. کمترین تعداد پیاز (۱/۴۱) در الگوی کاشت مربع و مثلث در تراکم ۲۵ بوته در هر متر مربع به‌دست آمد (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد پیازچه (۲/۵۸)، بالاترین قطر پیاز (۳۷/۵۷ میلی‌متر) و بالاترین وزن تر پیاز (۲۴/۶۶ گرم) در الگوی کاشت مربع و تراکم ۲۵ بوته در هر متر مربع به‌دست آمد. الگوی کاشت مستطیل و تراکم ۶۵ بوته در هر متر مربع با تحریک تولید ۲/۵۰ پیازچه، تیمار مناسبی بود. کمترین تعداد پیازچه (۱/۸۳) در الگوی کاشت مثلث در تراکم ۴۵ بوته در هر متر مربع به‌دست آمد (جدول ۵). در هر سه صفت؛ وزن خشک پیاز، قطر پیازچه و وزن تر پیازچه، بالاترین ارزش (به‌ترتیب با ۳۰/۵۸ گرم، ۲۲/۹۷ میلی‌متر و ۵/۰۲ گرم) در الگوی کاشت مثلثی و تراکم ۲۵ بوته در هر متر مربع محاسبه شد.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر الگوی کاشت و تراکم گیاه روی صفات فیزیولوژیک گل لاله (*Tulipa* L.) رقم 'Spryng'

Table 3- ANOVA (mean squares) for the effect of planting pattern and plant density the on physiologic traits of tulip (*Tulipa* L.) cv. 'Spryng'

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	کلروفیل کل Total chlorophyll	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a	کاروتنوئید گلبرگ Petal carotenoid	درصد ماده خشک گلبرگ Dry matter percentage of petal	وزن تر گلبرگ Petal fresh weight	درصد ماده خشک اندام هوایی Dry matter percentage of aerial organ	وزن تر اندام هوایی Fresh weigh of aerial organ
تکرار Replicate	2	0.063^{ns}	0.065^{ns}	0.071^{ns}	0.047^{ns}	0.0413^{ns}	0.032^{ns}	0.0127^{ns}	2.306**
الگوی کاشت Planting pattern (A)	2	5.827**	40.401**	3.818**	0.167**	0.1867*	0.036^{ns}	0.2855**	1.069^{ns}
تراکم گیاه Plant density (B)	2	2.79**	0.352**	1.058**	0.025*	0.4019**	0.305**	2.052**	31.99**
الگو × تراکم A × B	4	0.117**	0.021^{ns}	0.278**	0.032*	0.8301**	0.378**	0.1069**	3.074**
خطا Error	16	0.022	0.021	0.055	0.007	0.4	0.045	0.014	0.327
کل Total	26	–	–	–	–	–	–	–	–
ضریب تغییرات C.V (%)	–	1.24	2.87	3.3	5.91	2.14	2.3	1.13	1.57

*، **، ns: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم وجود تفاوت معنی‌دار

**, *, ns: significant at the 5% and 1% of probability level os, respectively, and non-significant.

جدول ٤- اثر متقابل الگوی کاشت × تراکم گیاه روی صفات رویشی و زایشی گل لاله (*Tulipa* L.) رقم 'Spryng'

Table 4- The interaction effect of planting pattern × plant density on the vegetative and reproductive traits of tulip (*Tulipa* L.) cv. 'Spryng'

تیمارها (الگوی کاشت × تراکم گیاه) Treatments (planting design × plant density)	ماندگاری گل Flower longevity (day)	تعداد شاخه گل بریده Number of cut flower	زمان گلدهی Flowering time (day)	طول برگ Leaf length (cm)	قطر ساقه Stem diameter (mm)	ارتفاع ساقه Stem height (cm)
مربع × ۶۵ بوته در هر متر مربع Square × 65 plantlet/m^2	12.03c	56.60c	70.43ab	14.46a	4.48ab	39.85ab
مربع × ۴۵ بوته در هر متر مربع Square × 45 plantlet/m^2	12.73a	32.20e	7026ab	13.53bc	4.58a	37.85bc
مربع × ۲۵ بوته در هر متر مربع Square × 25 plantlet/m^2	12.33b	18.88f	70.56a	13.38bc	4.51ab	37.41cd
مثلث × ۶۵ بوته در هر متر مربع Triangle × 65 plantlet/m^2	11.96c	59.90a	70.07ab	13.89b	4.49ab	41.08a
مثلث × ۴۵ بوته در هر متر مربع Triangle × 45 plantlet/m^2	12.30b	36.10d	69.30d	13.91b	4.49ab	39.68ab
مثلث × ۲۵ بوته در هر متر مربع Triangle × 25 plantlet/m^2	11.96c	19.44f	69.53cd	12.98c	4.54ab	36.30cd
مستطیل × ۶۵ بوته در هر متر مربع Rectangular × 65 plantlet/m^2	11.82c	55.50b	70.43ab	13.43bc	4.26c	38.31bc
مستطیل × ۴۵ بوته در هر متر مربع Rectangular × 45 plantlet/m^2	12.28b	31.10e	70.56a	13.74b	4.43ab	37.13cd
مستطیل × ۲۵ بوته در هر متر مربع Rectangular × 25 plantlet/m^2	12.26b	17.28f	69.93bc	13.03c	4.40b	35.28d

در هر ستون حروف مشترک عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون LSD را نشان می‌دهد.

Means followed by the same letter within each column shows no significant differences at 5% of probability level by LSD test.

جدول ۵- اثر متقابل الگوی کاشت و تراکم گیاه روی صفات پیاز و پیازچه گل لاله (*Tulipa* L.) رقم 'Spryng'

Table 5- The interaction effect of planting pattern ×plant density on the bulb and bulblet traits of tulip (*Tulipa* L.) cv. 'Spryng'

تیمارها (الگوی کاشت × تراکم گیاه) Treatments (planting design × plant density)	ماده خشک پیاز Bulblet dry matter (%)	وزن تر پیاز Bulblet fresh weight (g)	قطر پیاز Bulblet diameter (mm)	تعداد پیاز Bulblet number	ماده خشک پیاز Bulb dry matter (%)	وزن تر پیاز Bulb fresh weight (g)	قطر پیاز Bulb diameter (mm)	تعداد پیاز Bulb number
مربع × ۶۵ بوته در هر متر مربع Square × 65 plantlet/m^2	33.71a	3.69c	19.13e	2.41a	24.45abc	23.51b	36.77bcd	1.58cd
مربع × ۴۵ بوته در هر متر مربع Square × 45 plantlet/m^2	34.57a	4.62b	21.77abc	2.08b	24.97c	23.03bc	37.51ab	1.50de
مربع × ۲۵ بوته در هر متر مربع Square × 25 plantlet/m^2	31.48b	4.00c	19.65de	2.58a	28.33ab	24.66a	37.57a	1.41e
مثلث × ۶۵ بوته در هر متر مربع Triangle × 65 plantlet/m^2	35.26a	3.98c	21.33bc	1.91c	26.59bc	22.48cd	37.09abc	1.76a
مثلث × ۴۵ بوته در هر متر مربع Triangle × 45 plantlet/m^2	31.41b	4.74ab	22.60ab	1.83c	30.04a	22.13de	37.10abc	1.58cd
مثلث × ۲۵ بوته در هر متر مربع Triangle × 25 plantlet/m^2	31.61b	5.02a	22.97a	2.00bc	30.58a	21.56e	36.24d	1.41e
مستطیل × ۶۵ بوته در هر متر مربع Rectangular × 65 plantlet/m^2	28.26bc	4.68ab	21.38bc	2.50a	24.78c	22.24cde	36.19d	1.66bc
مستطیل × ۴۵ بوته در هر متر مربع Rectangular × 45 plantlet/m^2	29.62bc	4.47b	20.88cd	2.00bc	24.41c	22.35cde	36.51cd	1.75ab
مستطیل × ۲۵ بوته در هر متر مربع Rectangular × 25 plantlet/m^2	33.76a	4.03c	20.64cd	2.08b	29.55ab	21.63de	36.70cd	1.58cd

در هر ستون حروف مشترک عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون LSD را نشان می‌دهد.

Means followed by the same letter within each column shows no significant differences at 5% of probability level by LSD test.

جدول ٦- اثر متقابل الگوی کاشت × تراکم گیاه روی صفات فیزیولوژیک گل لاله (*Tulipa* L.) رقم 'Spryng'

Table 6- The interaction effect of planting pattern ×plant density on the physiological traits of tulip (*Tulipa* L.) cv. 'Spryng'

تیمارها (الگوی کاشت × تراکم گیاه) Treatments (planting design × plant density)	کلروفیل کل Total chlorophyll (µg/ml)	کلروفیل a Chlorophyll a (µg.ml^{-1})	کاروتنوئید گلبرگ Petal carotenoid (µg.ml^{-1})	درصد ماده خشک گلبرگ Dry matter percentage of petal (%)	وزن تر گلبرگ Petal fresh weight (g)	درصد ماده خشک اندام هوایی Dry matter percentage of aerial organ (%)	وزن تر اندام هوایی Fresh weigh of aerial organ (g)
مربع × ۶۵ بوته در هر متر مربع Square × 65 plantlet/m^2	11.88ef	6.99bc	1.55ab	8.91c	9.31abc	10.81bc	35.47bc
مربع × ۴۵ بوته در هر متر مربع Square × 45 plantlet/m^2	12.57c	7.42b	1.68a	10.10a	9.16bcd	11.06a	34.57cd
مربع × ۲۵ بوته در هر متر مربع Square × 25 plantlet/m^2	11.73f	6.94c	1.52bc	8.90c	9.09bcd	10.30d	38.23a
مثلث × ۶۵ بوته در هر متر مربع Triangle × 65 plantlet/m^2	12.91b	8.24a	1.23e	9.93a	8.79d	10.20d	33.85d
مثلث × ۴۵ بوته در هر متر مربع Triangle × 45 plantlet/m^2	13.57a	7.98a	1.37cde	9.36b	9.69a	10.96ab	35.99b
مثلث × ۲۵ بوته در هر متر مربع Triangle × 25 plantlet/m^2	12.31cd	7.11bc	1.35de	9.23bc	9.42ab	9.95e	39.15a
مستطیل × ۶۵ بوته در هر متر مربع Rectangular × 65 plantlet/m^2	10.92g	6.38d	1.37cde	9.52b	8.95cd	10.72c	36.34b
مستطیل × ۴۵ بوته در هر متر مربع Rectangular × 45 plantlet/m^2	12.07de	6.86c	1.41bcd	8.98c	9.01cd	10.94ab	35.64b
مستطیل × ۲۵ بوته در هر متر مربع Rectangular × 25 plantlet/m^2	10.99g	6.19d	1.46bcd	9.18bc	9.60a	9.85c	38.33a

در هر ستون حروف مشترک عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون LSD را نشان می‌دهد.

Means followed by the same letter within each column shows no significant differences at 5% of probability level by LSD test.

در پژوهش حاضر مشخص شد که تغییر فاصله و یا الگوی کاشت می‌تواند برخی ویژگی‌های پیاز و پیازچه لاله (مانند تعداد، قطر، وزن تر و درصد ماده خشک) را تحت تأثیر قرار دهد. این نتایج با گزارش جان و همکاران (Jhon *et al*., 2008) مطابقت دارد که نشان دادند تعداد و وزن پیاز و پیازچه لاله با افزایش تراکم افزایش یافت. وزن و تعداد پداژه در گلایول تحت تأثیر الگوی کاشت قرار گرفت (Singh, 2002; Daneshvar & Heidari, 2009). رقابت برای دریافت نور حداکثری و فتوسنتز، عامل اصلی برای تغییر صفات مربوط به پیاز و پیازچه است. این رقابت تحت تأثیر آرایش کاشت و تراکم گیاه قرار دارد (Khalaj & Edrisi, 2013; Hocking, 1993). دهورتوق و لنارد (De Hertogh & Le Nard, 1993) گزارش دادند که رشد و نمو گیاهان پیازی تحت تأثیر برخی عوامل محیطی مانند نور، درجه حرارت و رطوبت قرار می‌گیرد و احتمالاً رطوبت مهمترین عامل محیطی محسوب می‌شود. یکی از وظایف سوخ در گیاهان سوخدار از جمله لاله، ذخیره آب است، بنابراین، می‌توان بیان کرد که تراکم کاشت روی دریافت نور بیشتر از رطوبت اثر می‌گذارد. البته، بایستی اهمیت الگوی کاشت از جنبه نور دریافتی توسط بوته‌ها مورد توجه بیشتری قرار گیرد. در پژوهش حاضر، بیشترین ماده خشک اندام هوایی و پیاز در تراکم ۴۵ بوته در هر متر مربع حاصل شد که نشاندهنده تراکم بهینه است، اما تراکم ۶۵ بوته از نظر تعداد پیاز برتر بود که امری طبیعی است. ماده خشک پیازچه در تراکم ۶۵ بوته در متر مربع در الگوهای کاشت مربع و مثلث در زمره تیمارهای برتر بودن که علت آن بیشتر ناشی از الگوهای کاشت مربع و مثلث است. این دو الگوی کاشت به‌ویژه مثلثی، رقابت نوری را کاهش می‌دهند. کاهش شدت نور علاوه بر کاهش شدت فتوسنتز، می‌تواند موجب ایجاد سایه و کاهش درجه حرارت در محیط اطراف بوته‌ها گردد. این کاهش شدت نور علاوه بر کاهش عملکرد در گیاهان پیازی، موجب کاهش اندازه پیاز می‌گردد (San-oh *et al*., 2006). به‌نظر می‌رسد یکی دیگر از دلایل تأثیر فاصله و تراکم کاشت، تأثیر بر رشد ریشه باشد. جینین و همکاران (Heinen *et al*., 2003) در تعیین مدل ریاضی مربوط به رشد ریشه گیاهان مختلف به این نتیجه رسیدند که نحوه گسترش ریشه‌ها تحت تأثیر عواملی مانند محیط رشد ریشه، نحوه به‌کارگیری کود و میزان آب قرار می‌گیرد و موارد ذکرشده پارامترهای اصلی هستند که می‌توانند مدل ریاضی تخمین رشد را تحت تأثیر قرار دهند.

اثر تراکم گیاه و الگوی کاشت بر صفات فیزیولوژیک

اثر تیمارهای مختلف تراکم گیاه و الگوی کاشت روی همه صفات فیزیولوژیک به غیر از کلروفیل b در سطح آماری یک درصد و برای کاروتنوئید در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر متقابل تیمارهای تراکم گیاه و الگوی کاشت نشان داد که بیشترین وزن تر اندام هوایی (۳۹/۱۵ گرم) در تیمار الگوی مثلث و ۲۵ بوته در هر متر مربع به‌دست آمد. بیشترین ماده خشک اندام هوایی (۱۱/۰۶ درصد) و ماده خشک گلبرگ (۱۰/۱۰ گرم) و بالاترین میزان کاروتنوئید گلبرگ (۱/۶۸ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در آرایش کاشت مربع و تراکم ۴۵ بوته در هر متر مربع به‌دست آمد (جدول ۶). بالاترین وزن تر گلبرگ (۹/۶۹ گرم) و بیشترین میزان کلروفیل کل (۱۳/۵۷ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در الگوی مثلث و تراکم ۴۵ بوته در هر متر مربع به‌دست آمد. وزن تر گلبرگ (۹/۶۰ گرم) در الگوی کاشت مستطیلی و تراکم ۲۵ بوته در هر متر مربع نیز بالا بود. بیشترین میزان کلروفیل a (۸/۲۴ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در الگوی مثلث و تراکم ۶۵ بوته در هر متر مربع به‌دست آمد (جدول ۴).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که افزایش تراکم کاشت منجر به کاهش وزن تر و افزایش درصد ماده خشک گردید. این نتایج با یافته‌های سامانی و همکاران (Samani *et al*., 1999) انطباق داشت. دئو و مارتین (Deo & Martin, 2000) نیز گزارش دادند که با افزایش تراکم، وزن خشک گیاه و گل همیشه‌بهار افزایش یافت. با افزایش تراکم، فضا برای رشد گیاه کاهش می‌یابد که خود باعث کاهش وزن تر گیاه و گل می‌شود (Hamidi *et al*., 2010). مستوفی‌پور و هاشم‌آبادی (Mostofipour & Hashemabadi, 2010) گزارش کردند که آرایش کاشت روی وزن همیشه‌بهار تأثیر داشت. آرایش کاشت مستطیل به علت کاهش تشعشع نور و رقابت شدید، رشد گیاه و ماده خشک بوته را کاهش داد. توزیع فضای گیاهان در یک جامعه گیاهی با جذب تشعشع در ارتباط است و این صفت نقش تعیین‌کننده‌ای در ظرفیت فتوسنتز و عملکرد گیاه دارد. در گل نرگس، افزایش تراکم کاشت منجر به افزایش وزن تر گل شد (Daneshvar & Heidari, 2011). در مرحله قبل از گلدهی، تأثیر شدت نور بر تأمین مواد فتوسنتزی برای سوخ‌های در حال رشد و یا شاخه‌های گل‌دهنده در طول دوره رشد مهم می‌باشد زیرا گل‌آذین‌های در حال رشد و نمو برای دریافت این مواد با سوخ‌های در حال رشد رقابت می‌نمایند ولی پس از برداشت گل، شدت نور می‌تواند تولید مواد فتوسنتزی مورد نیاز برای ذخیره در سوخ را تحت تأثیر قرار دهد (Hocking, 1993). با توجه به اینکه رشد گیاه لاله در نیمه دوم سال انجام می‌گیرد که شدت نور در طول این دوره کاهش می‌یابد، احتمالاً شدت یا طول موج نور در تراکم‌های کاشت مختلف بر فتوسنتز گیاه لاله تأثیر داشته است. با توجه به اینکه در تعیین کیفیت ظاهری و ارزش اقتصادی گل لاله، علاوه بر قیمت و وضعیت کلی ظاهری گل، مواردی همچون رنگ گل نیز مهم می‌باشد، نتایج

آزمایش حاضر نشان داد که میزان کاروتنوئید گلبرگ تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت. بنابراین، این شاخص می‌تواند به عنوان معیاری مناسب جهت ارزیابی اثر الگو و تراکم کاشت بر کیفیت ظاهری گل پیشنهاد شود. نتایج این مطالعه با گزارش مستوفی‌پور و هاشم‌آبادی (Mostofipour & Hashemabadi, 2010) روی گل همیشه‌بهار هماهنگی دارد. این محققان نشان دادند که بیشترین میزان کاروتنوئید در طرح کاشت مربع حاصل شد که این امر مشخص می‌کند فضای یکنواخت بین بوته‌ها باعث افزایش کاروتنوئید در گیاه به علت پخش یکنواخت نور و همچنین دریافت نور بیشتر توسط برگ‌های پایینی گیاه شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش تراکم تا تعداد ۴۵ بوته در متر مربع منجر به افزایش میزان کلروفیل گردید، اما پس از آن روند کاهشی نشان داد. به نظر می‌رسد که دلیل این کاهش، ناشی از عوامل درونی گیاه بر اثر رقابت بوته‌ها برای جذب عناصر غذایی خاک است.

نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد که تغییر الگوی کاشت می‌تواند تا حدی اثر تراکم کاشت را در گیاه لاله تحت تأثیر قرار دهد. افزایش تراکم کاشت تا ۴۵ بوته در متر مربع و الگوهای کاشت مثلث و مربع، منجر به افزایش معنی‌دار اکثر صفات مورد آزمایش و بهبود خصوصیات کمی و کیفی گل لاله (*Tulipa* L.) رقم ʹSprygnʹ در شرایط آب و هوایی گیلان شد. در نتیجه، این تراکم و الگوهای کاشت قابل توصیه به تولیدکنندگان لاله این استان و استان‌های با شرایط آب و هوایی مشابه با استان گیلان می‌باشد.

References

1- Ali, A., Afzal, M., Rasool, I.J., Hussain, S., & Ahmad M. (2011). *Sunflower (Helianthus annuus L.) hybrids performance at different plant spacing under agro-ecological conditions of Sargodha, Pakistan*. In: International Conference on Food Engineering and Biotechnology, IACSIT Press, Singa*pore* 9, 317–322. https://www.academia.edu/92387895
2- Amjad, A., & Ahmad, I. (2012). Optimizing plant density, planting depth and postharvest preservatives for *Lilium longifolium*. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, *2*, 13–20. https://www.researchgate.net/publication/285675355
3- Baghdadi, A., Ridzwan, A.H., Nasiri, A., Ahmad, I., & Aslani, F. (2014). Influence of plant spacing and sowing time on yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Food, Agriculture and Environment*, *12*, 688–691. https://www.researchgate.net/publication/263279191
4- Bahar, S.N.G., & Korkut, A.B. (1998). Research on the effects of planting densities on the yield of corm and cormel in some gladiol (*Gladioulus* L.) varieties. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *22*, 51–58. https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/vol22/iss1/8
5- Balalić, I., Zorić, M., Branković, G., Terzić, S., & Crnobarac J. (2012). Interpretation of hybrid × sowing date interaction for oil content and oil yield in sunflower. *Field Crops Research*, *137*, 70–77. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.08.005
6- Beg, A., Pourdad, S.S., & Alpour, S. (2007). Row and plant spacing effect on agronomic performance of sunflower in warm and semi-cold areas of Iran. *Helia*, *30*, 99–104. https://doi.org/10.2298/HEL0747099B
7- Bhosale, A.B., Deshmukh, M.R., & Takte, R.L. (2012). Effect of different planting densities on performance of gerbera under polyhouse conditions. *The Asian Journal of Horticulture*, *7*, 449–453. Corpus ID: 127171956
8- Bijimol, G., & Singh, A.K. (2001). Effects of spacing and nitrogen on flowering and post-harvest life of gladiolus. *Journal of Applied Horticulture*, *3*, 48–50. https://www.sid.ir/paper/601689/en
9- Corbesier, L., Prinsen, E., Jacqmard, A., Lejeune, P., Onckelen, H.V., Perilleux, C., & Bernier, G. (2003). Cytokinin levels in leaves, leaf exudate and shoot apical meristem of *Arabidopsis thaliana* during floral transition. *Journal. Experimental Botany*, *54*, 2511–2517. https://doi.org/10.1093/jxb/erg276
10- Craine, J.M., & Dybzinski, R. (2013). Mechanisms of plant competition for nutrients, water and light. *Functional Ecology*, *27*, 833–840. https://doi.org/10.1111/1365-2435.12081
11- Daneshvar, M.H., & Heidari, M. (2009). Effects of plant density and planting pattern on growth and flower characteristics of gladiolus. *Journal of Horticultural Science*, *23*(2), 32–40. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhorts4.v1388i2.2566
12- Daneshvar, M.H., & Heidari, M. (2011). Effect of planting distance and cultivation depth on some quantitative traits of narcissus (*Narcissus tazetta* L.) cut flower in climatic conditions of Khouzestan (Mollasani). *Journal of Horticultural Science*, *25*(3), 304–309. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhorts4.v1390i0.11337
13- De Hertogh, A., & Le Nard, M. (1993). *The physiology of flower bulbs*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. ISBN: 0444874984, 9780444874986

14- Ehsanzadeh, P., & Zarean Baghdadabadi, A. (2003). Effect of plant density on yield, yield components and some growth characteristics of two safflower cultivars in Isfahan climate. *Journal of Agricultural Science and Technology and Natural Resources, 7*(1), 129–139. (In Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.22518517.1382.7.1.10.9
15- Ford, E.D. (2014). The dynamic relationship between plant architecture and competition. *Frontiers in Plant Science, 5*, 275. https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00275
16- Ghannadi, F. (1992). *Growing Tulips*. Magda Press, Isfahan, p. 113. (In Persian)
17- Ghasemi Ghehsareh, M., & Kafi, M. (2009). *Practical and scientific floriculture*. Razavi Press, Isfahan, p. 313. (In Persian)
18- Ghobadi, M.E., & Ghobadi, M. (2010). The effects of sowing dates and densities on yield and yield components of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *International Scholarly and Scientific Research and Innovation, 10*, 725–728.
19- Gomes, H.F., Vieira, M.C., & Heredia, Z.N.A. (2007). Density and plant arrangement on *Calendula officinalis* L. yield. *Revista Brasileira de Plants Medicinais, 9*, 117–123.
20- Hamidi, A., Khodabandeh, N., & Mohammady-nasab, A.D. (2010). Plant density and nitrogen effects on some traits of maize (*Zea mays* L.). *Plant Ecophysiology, 2*, 47–52.
21- Heinen, M., Mollier, A., & Willigen, P.D. (2003). Growth of a root system described as diffusion. II. Numerical model and application. *Plant and Soil, 252*, 251–265. https://doi.org/10.1023/A:1024749022761
22- Hocking, P.J. (1993). Seasonal dynamics of the accumulation, distribution and redistribution of dry matter and mineral nutrients in a weedy species of gladiolus (*Gladiolus caryophyllaceus*). *Annals of Botany, 71*, 495–509. https://doi.org/10.1006/anbo.1993.1066
23- Ibrahim, H.M. (2012). Response of some sunflower hybrids to different levels of plant density. *APCBEE Procedia, 4*, 175–182. https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2012.11.030
24- Jhon, A.Q., Mir, M.M., & Bhat, Z.A. (2008). Effect of planting time and density on growth and bulb production in tulip cv. Apeldoorn. *Indian Journal of Horticulture, 65*(4), 466–470.
25- Kaya, Y., Jocić, S., & Miladinović, D. (2012). Sunflower. In: Gupta, S.K. (eds): Technological Innovations in Major World Oil Crops: Breeding. *Springer, Dordrecht, Heidelberg, London, New York* 85–130. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0356-2
26- Khalaj, M.A., & Edrisi, B. (2013). Effect of nitrogen and plant spacing on nutrient uptake, quality and quantity characteristics of tuberose (*Polianthes tuberosa* L. 'Double'). *Journal of Horticultural Science, 27*(1), 59–66. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.20791
27- Klasman, R., Molinari, J., Benedetto, A.D., & Benedetto, A. (1995). Greenhouse cultivation of gladiolus at four planting densities. *Horticultura Argentina, 14*, 65–68.
28- Kumar, K., Singh, G.P., Singh, N., Bhatla, A.K., & Nehra, B.K. (2007). Performance of seed crop of coriander under different levels of row spacing, nitrogen and cycocel. *Haryana Journal of Horticultural Sciences, 36*, 127–128.
29- Mane, P.K., Bankar, G.J., & Makne, S.S. (2007). Influence of spacing, bulb size and depth of planting on flower yield and quality of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) cv. Single. *Indian Journal of Agriculture Research, 41*(1), 71–74.
30- Martin, R.J., & Deo, B. (2000). Effect of plant population on *Calendula officinalis* flower production. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 28*(1), 33–44. https://doi.org/10.1080/01140671.2000.9514120
31- Mladenović, M., Cvejić, S., Jocić, S., Ćuk, N., Čukanović, J., Jocković, M., & Marjanović Jeromela, A. (2020). Effect of plant density on stem and flower quality of single-stem ornamental sunflower genotypes. *Horticultural Science (Prague), 47*(1), 45–52. https://doi.org/10.17221/10/2019-HORTSCI
32- Mojiri, A., & Arzani, A. (2003). Effects of nitrogen rate and plant density on yield and yield components of sunflower. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 7*, 115–125. https://dorl.net/dor/20.1001.1.24763594.1382.7.2.9.5
33- Moosavi, S.G.R., Seghatoleslami, M.J., & Zareie, M.H. (2012). The effect of planting date and plant density on morphological traits and essential oil yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4, 496–501.
34- Moraes-Cerdeira, R.M., Burandt, C.L., Bastos, J.K., Nanayakkara, D., Mikell, J., Thurn, J., & McChesney, J.D. (1997). Evaluation of four *Narcissus* cultivars as potential sources for galanthamine production. *Planta Medica, 63*(5), 472–474. https://doi.org/10.1055/s-2006-957740
35- Mostofipour, A.A., & Hashemabadi, D. (2010). *The effect of planting arrangement and different levels of potassium sulfate fertilizer on yield and quality of marigold flowers*. M.Sc. Thesis, Islamic Azad University, Rasht, Iran. (In Persian)

36- Niknejad, M., & Yahya, A. (1994). *Introduction to Crop Yield Physiology*. Shiraz University Press. P. 570. (In Persian)
37- Parkash, J., Singh, N.P., & Sankaran, M. (2006). *Package of practices for tuberose cultivation in tripura*. ICAR Research Complex for NEH Region, Tripura Centre Publication No. 31.
38- Rajcan, I., & Swanton, C.J. (2001). Understanding maize-weed competition: resource competition, light qualiy and the whole plant. *Field Crops Research*, *71*, 139–150. https://doi.org/10.4236/tel.2011.13018
39- Roghayeh, S.A., Ahmad, T., & Shahzad, J-e-S. (2012). Effect of plant density on phenology and oil yield of safflower herb under irrigated and rainfed planting systems. *Journal of Medicinal Plants Research*, *6*, 2493–2503. https://doi.org/10.5897/JMPR12.004
40- Samani, M.R.K., Khajehpour, M.R., & Ghavaland, A. (1999). Effect of row spacing and plant density on growth and dry matter accumulation in comon on sfhan. *Iranian Journal of Agricultural Science*, *29*, 667–679. https://doi.org/10.3390/agronomy13041117
41- San-oh, Y., Sugiyama, T., Yoshita, D., Ookawa, T., & Hirasawa, T. (2006). The effect of planting pattern on the rate of photosynthesis and related processes during ripening in rice plants. *Field Crops Research*, *96*, 113–124. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.06.002
42- Sharma, J.R., & Gupta, R.B. (2003). Effect of corm size and spacing on growth, flowering and corm production in gladiolus. *Journal of Ornamental Horticulture, 6,* 352–356.
43- Sher, A., Khan, A., Ashraf, U., Liu, H.H., & Li, J.C. (2018). Characterization of the effect of increased plant density on canopy morphology and stalk lodging risk. *Frontiers in Plant Science, 9,* 1047. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01047
44- Singh, A.K. (2006). *Flower Crops, Cultivation and Management*. New India Publishing Agency. New Delhi. 463 p.
45- Singh, A.K., Singh, N.P., & Singh, V.B. (2001). Effect of time, spacing and depth of planting on gladiolus. *Indian Journal of Hill Farm, 14*, 128–131.
46- Singh, K.P. (2002). Effect of planting methods and earthing on gladiolus. *Annals of Agricultural Research*, *23*, 7230–7235.
47- Süzer, S. (2011). Effects of nitrogen and plant density on dwarf sunflower hybrids. *Helia*, *33*, 207–214. https://doi.org/10.2298/HEL1053207S
48- Vaziri, R., Biabani, A., Azizy, M., Gholizadeh, A.Gh., & Mahdavi, A.R. (2010). Investigate effects plant density and different fertilizer rates on the agronomic characteristics and yield of tobacco (var. K326). *Crop Plants Production, 30*(4), 205–215 (In Persian with English abstract)